

DialogIP

Quantitative determination of texture of human skin by image analysis - deriving mathematical characteristics from grey-scale images by digital image processing, determining grey-scale transitions and/or run-lengths of grey scale value w.r.t. normal distribution and distribution function

Patent Assignee: BEIERSDORF AG

Inventors: HOPPE U; LUNDERSTAEDT R

Patent Family

Patent Number	Kind	Date	Application Number	Kind	Date	Week	Type
DE 4313258	A1	19941027	DE 4313258	A	19930423	199442	B
WO 9424936	A1	19941110	WO 94EP1243	A	19940421	199444	
EP 695140	A1	19960207	EP 94915081	A	19940421	199610	
			WO 94EP1243	A	19940421		
JP 8509146	W	19961001	JP 94523835	A	19940421	199705	
			WO 94EP1243	A	19940421		

Priority Applications (Number Kind Date): DE 4313258 A (19930423)

Cited Patents: 04 journal ref.; EP 312736 ; FR 2570206

Patent Details

Patent	Kind	Language	Page	Main IPC	Filing Notes
DE 4313258	A1		21	A61B-005/103	
WO 9424936	A1		41	A61B-005/103	
EP 695140	A1	G	1	A61B-005/103	Based on patent WO 9424936
JP 8509146	W		34	A61B-005/107	Based on patent WO 9424936

Abstract:

DE 4313258 A

Grey-scale images of the skin or of a replica of the skin

surface are formed using targeted illumination of the skin or replica at a defined illumination angle. Mathematical characteristics of the distribution of the grey values are derived using digital image processing.

Auxiliary images of a surface structure of different contrast are formed and characteristics of the grey value transitions determined and/or the run length of a grey value w.r.t. its normal distribution function and significant deviations are analysed.

USE/ADVANTAGE - For quantitative determination of texture of human skin by recording, reproducing and analysing image information. Corcuff method is developed to determine roughness coefficients image analytical microtopography of the skin surface, taking account of the extent of Stratum Corneum. E.g. for cosmetics.

Dwg.1/7

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Ein neuer Ansatz zur bildanalytischen Charakterisierung des Stratum Corneum

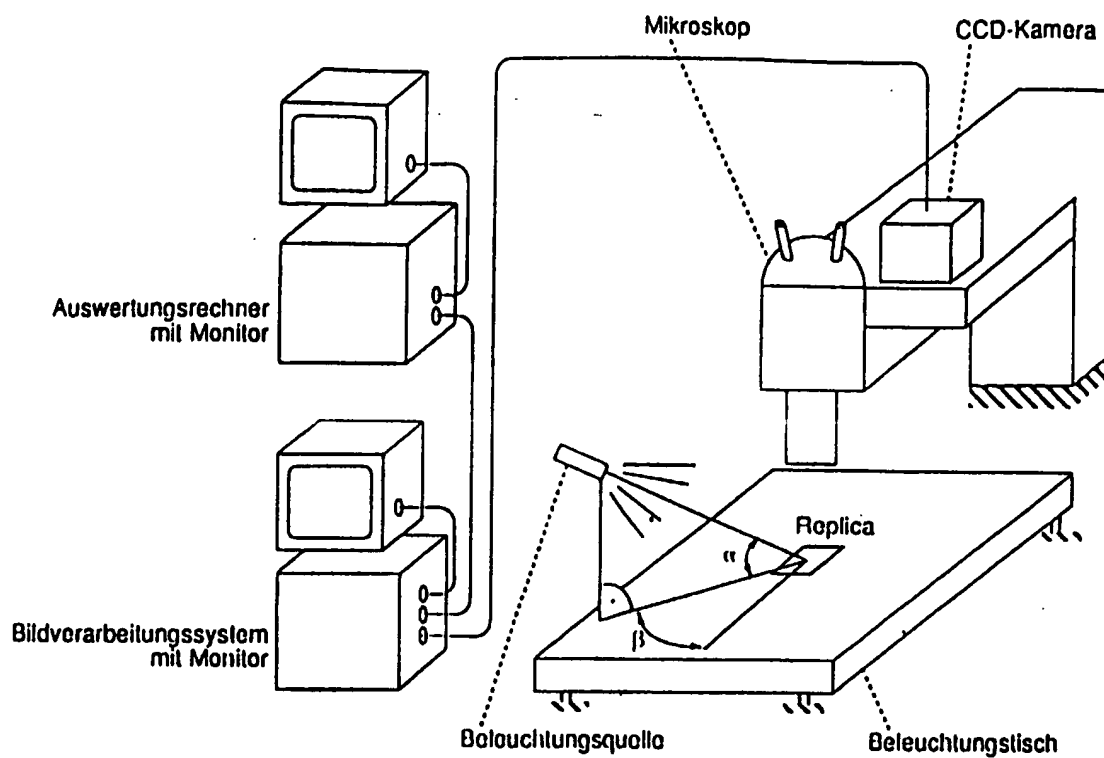


Abbildung 1: Apparativer Aufbau zur bildanalytischen Texturuntersuchung

Derwent World Patents Index

© 2003 Derwent Information Ltd. All rights reserved.

Dialog® File Number 351 Accession Number 10066224

2 1

THIS PAGE BLANK (USPTO)



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 43 13 258 A 1

⑤1 Int. Cl.⁵:
A 61 B 5/103
G 06 K 9/22
G 01 B 11/30

②1 Aktenzeichen: P 43 13 258.8
②2 Anmeldetag: 23. 4. 93
④3 Offenlegungstag: 27. 10. 94

DE 43 13 258 A 1

⑦1 Anmelder:
Beiersdorf AG, 20253 Hamburg, DE

⑦2 Erfinder:
Lunderstädt, Reinhart, Prof. Dr., 22309 Hamburg, DE;
Hoppe, Udo, Dr., 22397 Hamburg, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 37 31 531 C2
DE 41 32 992 A1
DE 41 23 916 A1
DE 36 36 305 A1
DE 34 33 195 A1
DE 32 44 692 A1
EP 2 79 420 B1
EP 03 59 554 A2
EP 03 12 736 A1

CHEUNG, Kei-Hoi;
FOX, Martin: Isoreflectance Contours for Medical
Imaging. In: IEEE TRANSACTION ON
BIO-MEDICAL
ENGINEERING, Vol. 35, No. 12, Dec. 1988, S. 1059-1063;

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zur meßtechnischen quantitativen Bestimmung der Textur der menschlichen
Hautoberfläche durch Registrierung, Wiedergabe und Analysierung von Bildinformationen

⑤7 Verfahren zur meßtechnischen quantitativen Bestimmung
der Textur der menschlichen Hautoberfläche durch Regi-
strierung, Wiedergabe und Analysierung von Bildinformatio-
nen, dadurch gekennzeichnet, daß man Grauwertbilder von
der Haut oder einem Abdruck der Hautoberfläche (Replica)
unter gezielter Beleuchtung der Haut oder Replica unter
einem definierten Beleuchtungswinkel anfertigt und mathe-
matische Kenngrößen über die Grauwertverteilung über
digitale Bildverarbeitung ermittelt und daß man a) zusätzlich
Bilder von unterschiedlich kontrastierter flächiger Struktur
herstellt und Kenngrößen über die Grauwertübergänge
ermittelt und/oder b) die Lauflängen eines Grauwertes
hinsichtlich ihrer Normverteilung und ihrer Verteilungsfunk-
tionen sowie signifikanter Abweichungen analysiert.

DE 43 13 258 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur quantitativen Bestimmung der Textur der menschlichen Hautoberfläche sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

5 Zur qualitativen Analyse der Struktur der menschlichen Hautoberfläche in Medizin und Kosmetik werden seit zwei Jahrzehnten Rauheitsparameter herangezogen, wie sie beispielsweise in DIN 4762 oder auch in ISO 4287/1 festgelegt sind. Da im allgemeinen in vivo Methoden bei der Oberflächenmeßtechnik ausscheiden, wird stellvertretend ein Replicat vermessen. Die Vermessung selbst erfolgt durch tastende Verfahren, wobei mechanische und optische Verfahren zum Einsatz kommen.

10 Bei einem bekannten mechanischen Verfahren zur Bestimmung der Kenngrößen für das Stratum Corneum wird mit einem elektrischen Tastschnittgerät in einzelnen Senkrechtschnitten das Oberflächenprofil von Replicas der Hautoberfläche mit einer Tastspitze abgetastet. Dabei werden die gegenüber einer Bezugslinie erhaltenen Profilabweichungen einem Auswertrechner zugeführt.

Dieser kann aus den Meßgrößen eine Bestimmung von in der dermatologischen Forschung häufig angewand-

15 ten Kennwerten wie dem arithmetischen Mittenrauhwert R_a , dem quadratischen Mittenrauhwert R_q und der maximalen Rauhtiefe R_{max}

durchführen. In verschiedenen Untersuchungen konnte anhand der Vermessung einzelner Profilschnitte von Replicas der Hautoberfläche und der anschließenden Bestimmung von Rauheitsparametern beispielsweise die hautglättende Wirksamkeit von Kosmetika gezeigt, der Einfluß von Alterung und Krankheit auf die Rauheits-

20 kenngößen der Haut nachgewiesen und die Charakterisierung von trockener Haut durchgeführt werden. Diese bekannte Methode ist allgemein in DIN 4768 beschrieben und bezüglich der Anwendung auf die menschliche Haut — speziell im Hinblick auf die Erkennung von Anisotropie — in der deutschen Patentschrift

25 27 19 341 niedergelegt. Typisch für eine solche mikrotopographische Vermessung mit einem elektrischen Tastschnittgerät ist, daß nur einzelne Profilschnitte ausgewertet werden, also lediglich eine linienhafte und keine flächenhafte Information vorliegt.

In einigen neueren Arbeiten wurden auch bereits eine Vielzahl paralleler Profilschnitte vermessen, um einen verbesserten dreidimensionalen Eindruck des Hautreliefs zu ermitteln. Wegen des hierbei mit mechanischem Abtasten verbundenen hohen Zeitaufwandes wurde in jüngster Zeit auch erstmals die Laser-Profilometrie eingesetzt. Doch auch in diesem Fall ist die für eine genaue 3D-Vermessung eines Hautareals eine nicht unbedeutende Meßzeit zu veranschlagen. Zudem erfolgt bei diesem Verfahren bisher eine Auswertung lediglich auf der Grundlage der für einzelne Profilschnitte definierten Rauheitskenngößen, in denen schon defini-

35 tionsgemäß keine Informationen über die Hauttextur enthalten ist. Auch bildanalytische Verfahren wurden bereits vereinzelt zur Beschreibung der menschlichen Haut herangezogen, wobei Grauwertbilder von Replikaten als Grundlage für sich anschließende Auswertverfahren dienten. Insbesondere Corcuff (Corcuff, P.; de Rigal, J.; Leveque, J.L.: Skin Relief and Aging; Journal of the Society of Cosmetic Chemists 34; 177—190; 7/1983) entwickelte eine Methode, um die mechanische Rauheitsmessung zu substituieren. Die Methode basiert auf der Tatsache, daß bei Beleuchtung eines Replikats unter einem definierten Beleuchtungswinkel aus der Länge des Schattenwurfes der Profilkuppen eine Höheninformation aus den Grauwertbildern errechnet werden kann. Eine signifikante Korrelation zwischen bildanalytischen und profilmetrischen Rauheitsgrößen konnte allerdings bisher nicht gezeigt werden. Auch bestand keine Veranlassung die in den Grauwertbildern enthaltene Information über die Hautfelderung bei diesem bildverarbeitenden Verfahren

45 zu einer weitergehenden Analyse zu nutzen, da die Auswertung an Hand von Binärbildern, also von Bildern, die lediglich die Werte Schwarz und Weiß annehmen können, erfolgte. Eine weitergehende Analyse wurde daher nicht genutzt. Aus den genannten bekannten Meßmethoden resultieren somit Parameter (irgendwelche integrale Mittelwerte), welche grundsätzlich nicht in der Lage sind, eine punktuelle Beschreibung eines festen Meßortes auf einer

50 Hautoberfläche vorzunehmen, d. h. sie scheiden zur Texturerkennung und Texturbeschreibung grundsätzlich aus. Keine Informationen kann auch das in dem deutschen Patent 34 33 195 beschriebenen bildanalytische Verfahren liefern, in welchem die Tiefe der Hautfalten sowie des Sulcus cutis unter Verwendung einer Videokamera bestimmt werden. Denn das von dem opto-elektronischen Wandler erzeugte Videosignal der zu beurteilenden

55 Oberfläche wird durch Wahl geeigneter Schwellen binärisiert. Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, das eingangs genannte Verfahren von Corcuff weiterzuentwickeln, um Rauheitskenngößen bei der bildanalytischen Mikrotopographie der Hautoberfläche zu ermitteln, welche die flächige Ausdehnung des Stratum Corneums berücksichtigen.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird ein Verfahren vorgeschlagen, welches durch den Inhalt der Ansprüche gekennzeichnet ist. Der Inhalt der Ansprüche ist auch Teil dieser Beschreibung.

60 Bei der Betrachtung sowohl von natürlichen Bildszenen als auch von Grauwertbildern vermag das menschliche Auge bestimmte Bereiche, die verschiedene Strukturen und Muster enthalten, zu erkennen. Auch die menschliche Hautoberfläche mit ihrer charakteristischen Felderung weist eine solche mehr oder weniger stark ausgeprägte Strukturierung auf. Das Auftreten solcher Muster wird im allgemeinen als Textur bezeichnet. Im folgenden wird daher als wesentliche Eigenschaft einer Textur innerhalb eines Bildes die Wiederholung von

65 kleinen Bereichen, die eine bestimmte Struktur beinhalten, verstanden. Die Weiterbildung der Erfindung geht von einer Texturanalyse aus, bei welcher man sich wiederum der Grauwertbilder der Haut oder der Replicas von der menschlichen Hautoberfläche bedient, wobei allerdings

wiederrum lediglich Binärbilder ausgewertet und damit einige wenige Texturkenngrößen bestimmt werden. Die erfindungsgemäßen Schritte a) und b) hingegen liefern Kenngrößen und Parameter, welche Aufschluß über die Zusammenhänge und Abhängigkeiten, die zwischen benachbarten Grauwerten oder auch Grauwertregionen bestehen liefern. Sie basieren im wesentlichen auf der Entwicklung der in der Erfindung dargestellten Methoden der Texturanalyse der menschlichen Haut, der Bestimmung der Parameter der Co-Occurrence-Matrix(9) und der Run-Length-Matrix(10).

Herstellung der Grauwertbilder

Die im folgenden untersuchten Grauwertbilder sind von der Haut oder Replicas (Material: Silikonkautschukmasse Silflo® des Herstellers Flexico, zur Kontrastanreicherung vermischt mit feinstem Eisenpulver) der menschlichen Haut über ein Mikroskop und eine CCD-Kamera aufgenommen. Die Replica wird dabei von einer Kaltlichtquelle beleuchtet, wobei die Position der Lichtquelle gegenüber der Replica gemäß Abb. 1 festgelegt ist. Als α , dem Lichteinfallswinkel, ist, ausgehend von der Replicamitte, der Winkel zwischen der Horizontalebene und der Beleuchtungsquelle definiert; mit β , dem Beleuchtungswinkel, wird der Winkel zwischen einer gewählten Bezugslinie in der Horizontalebene und der Projektion der Beleuchtungsquelle auf diese bezeichnet. Über ein Bildverarbeitungssystem werden die Grauwertbilder der Replicas der menschlichen Hautoberfläche oder Haut einem Auswerterechner zugeführt und in einer quadratischen Matrix $G = [g(i_z, i_s)]$, mit dem Laufindizes i_z in Zeilen- bzw. i_s in Spaltenrichtung, abgelegt.

$$G = [g(i_z, i_s)]$$

$$= \begin{bmatrix} g(0, 0) & \dots & g(0, N-1) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ g(N-1, 0) & \dots & g(N-1, N-1) \end{bmatrix} \quad (1)$$

Das Format der Matrix beträgt (N,N). Die Matrixelemente $g(i_z, i_s)$ sind dabei die quantisierten Grauwerte g_w der N^2 Bildpunkte. Typischerweise werden in der digitalen Bildverarbeitung 256 verschiedene Grauwertstufen verwendet, d. h. die Grauwerte liegen im Intervall $[0, N_g]$ N_g bezeichnet dabei den maximal auftretenden Grauwert. Der Grauwert $g_w = 0$ wird als Schwarz, der Grauwert $g_w = 255$ als Weiß interpretiert.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Herstellung der Grauwertbilder und zur Bestimmung der Hauttextur ist in der Abb. 1 beschrieben und besteht aus einer Kaltlichtquelle zur Beleuchtung der Probe (Haut, Replica), einem Mikroskop und einer C'CD-Kamera zur Aufnahme der Grauwertbilder und einem Bildverarbeitungssystem und einen Auswerterechner für die Grauwertbilder. Die Geräte sind im Handel erhältlich.

Statistische Kennwerte

Aus der Statistik sind verschiedene Parameter bekannt, die in allgemeiner Form auf die vorliegenden zweidimensionalen und diskreten Bildvorlagen angewendet werden können. Ausgehend von den Definitionen für die Momente einer Verteilung können diese Kennwerte für ein Grauwertbild der Hautoberfläche bestimmt werden:

Nullmomente n-ter Ordnung:

$$\alpha_n = \frac{1}{N^2} \sum_{i_z=0}^{N-1} \sum_{i_s=0}^{N-1} g(i_z, i_s)^n \quad ; \quad n = 1, 2, \dots$$

Zentralkmomente n-ter Ordnung:

(3)

$$\mu_n = \frac{1}{N^2} \sum_{i_z=0}^{N-1} \sum_{i_s=0}^{N-1} [g(i_z, i_s) - \alpha_1]^n \quad ; \quad n = 1, 2, \dots$$

Folgende statistische Kennwerte werden zur Charakterisierung von Verteilungen genutzt:

$$\text{Mittelwert: } m_{g_w} = \alpha_1, \quad (4)$$

$$\text{Varianz: } \sigma^2 = \mu_2, \quad (5)$$

$$\text{Schiefe: } \gamma_1 = \frac{\mu_3}{\sigma^3}, \quad (6)$$

$$\text{Exzeß: } \gamma_2 = \frac{\mu_4}{\sigma^4} - 3. \quad (7)$$

Wie schon an der Definition dieser Kenngrößen ersichtlich wird, ist hieraus keinerlei Information über die Zuordnung einzelner Bildpunkte zueinander in der Bildebene abzulesen, so wie es die im folgenden vorgestellte Parameter ermöglichen. So wie auch die Anwendung der nur für einzelne Profilschnitte definierten Rauheitsparameter für ein 3D-Relief nur eine begrenzte Aussagefähigkeit über die Struktur einer Oberfläche liefert, erhält man mit der Verwendung dieser statistischen Kennwerte noch keine Aussagen über Zuordnungen einzelner Grauwerte zueinander in der Fläche. Sie sind lediglich gut geeignet, um einen Eindruck über die Verteilung aller im Bild vorkommenden Grauwerte zu liefern.

Derartige, statistisch ermittelten Parameter sind daher nicht zur Definition der flächigen Ausdehnung des Stratum Corneums geeignet, da sie nur Aussagen über die Grauwertverteilung machen. Zur Ermittlung der gesamten Textur bedarf es daher weiterer, erfindungsgemäßer Kenngrößen, wie sie von der sog. Co-Occurrence-Matrix (a) und der Run-Length-Matrix geliefert werden.

Kennwerte der Co-Occurrence-Matrix

Bei der erfindungsgemäßen Bestimmung der Kenngrößen der Co-Occurrence-Matrix werden die Zusammenhänge, die zwischen dem einzelnen Punkt einer Textur und seiner Umgebung bestehen, verwendet, um beschreibende Parameter der Textur herauszufiltern. Haralick erarbeitete Grundzüge dieses Verfahrens und wandte es auf ein Problem der Auswertung von Luftbildaufnahmen an (Haralick, R.M.; Shanuga, K.; Dinstein, I.: Texture Features for Image Classification; IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics 3:610-621; 1979).

Inhalt der Untersuchung mit Hilfe der Co-Occurrence-Matrix ist der Grauwertübergang. Darunter wird die Kombination verstanden, die durch zwei Bildpunkte innerhalb einer Grauwertmatrix gebildet wird. Anhand der Sequenz [00012] soll dieses verdeutlicht werden. Es treten dabei als Grauwertübergänge zum rechten Nachbar die Kombinationen [0,0] zweimal und die Kombinationen [0,1] und [1,2] jeweils einmal auf. Die Co-Occurrence-Matrix $C_{\Phi,l}$ beinhaltet nun die Anzahl aller Kombinationen der Grauwertübergänge zwischen zwei Bildpunkten der Grauwertmatrix G . Die einzelnen Elemente $c_{\Phi,l}(i, j)$ der Co-Occurrence-Matrix werden dann wie folgt errechnet:

Der Grauwert g_{w1} eines ersten Bildpunktes der Grauwertmatrix sei i , der Grauwert g_{w2} eines anderen Bildpunktes der Grauwertmatrix sei j . Das Matrixelement $c_{\Phi,l}(i,j)$ beinhaltet die Anzahl der Grauwertkombinationen $[i,j]$, die in G auftreten. Die Lagebeziehung, die zwischen den beiden untersuchten Bildpunkten besteht wird durch die Indizes Φ und l der Co-Occurrence Matrix $C_{\Phi,l}$ ausgedrückt. Der Verschiebungswinkel Φ ist der Winkel, der zwischen der Verbindung der beiden betrachteten Bildpunkte und der Spaltenrichtung in der Grauwertmatrix G liegt. Dabei werden vier Richtungen der quadratischen Grauwertmatrix betrachtet: Zeilen- und Spaltenrichtung und die beiden Diagonalrichtungen. Die Verschiebungslänge l bezeichnet den Abstand, der zwischen den Bildpunkten liegt.

Betrachtet man nun ein Grauwertbild, das mit 256 Grauwertstufen gebildet wird, so wird die Co-Occurrence-Matrix das Format 256,256 besitzen. Um den Rechenaufwand so gering wie möglich zu halten, werden daher die Grauwerte neu quantisiert. Üblich ist dabei eine Reduzierung auf 32 oder 64 Grauwerte, so daß die dann entstehenden Co-Occurrence-Matrizen das Format (32,32) bzw. (64,64) besitzen.

Ein Bild mit einer großflächigen, kontrastarmen Struktur erzeugt eine Co-Occurrence-Matrix, deren Elemente stark entlang der Hauptdiagonalen ausgerichtet sind. Eine feine, kontrastreiche Struktur bewirkt dagegen eine weite Verteilung der Elemente in der Co-Occurrence-Matrix.

Aus der gebildeten Co-Occurrence-Matrix kann man nun verschiedene Kennwerte berechnen, die Rückschlüsse auf die Art der Textur, z. B. grob oder fein, erlauben oder auch Ausrichtungen einer Textur erkennen lassen und so eine Unterscheidung der einzelnen Texturen ermöglichen. Im folgenden sollen die Kennwerte kurz vorgestellt werden, die im weiteren zur Untersuchung der Grauwertbilder der menschlichen Haut herangezogen werden.

gen werden. Die Elemente der Co-Occurrence-Matrix werden dabei zunächst durch die Summe aller Eintragungen in der Matrix normiert.

Dabei beinhaltet das Element $c(i,j)$ von $C_{\Phi,1}$ die Anzahl der Grauwertkombinationen $[i,j]$, die in G auftreten. Kontrast:

$$C_{CON} = \sum_{i=0}^{N_g} \sum_{j=0}^{N_g} (i - j)^2 \cdot c(i, j) \quad . \quad (8)$$

Der Kontrast ist ein Maß für die Variation von Grauwerten in einem Bild. Für ein kontrastarmes Bild wird also ein kleinerer Wert errechnet als für ein Bild mit vielen Grauwertänderungen. Es werden die Elemente der Co-Occurrence-Matrix stärker betont, die weiter entfernt von der Hauptachse liegen. Entropie:

$$C_{ENT} = - \sum_{i=0}^{N_g} \sum_{j=0}^{N_g} c(i, j) \cdot \log_{10}[c(i, j)] \quad . \quad (9)$$

Das Verhalten dieses Kennwertes ähnelt dem des Kontrastes, d. h. für ein homogenes Bild wird ein geringerer Entropiewert errechnet als für ein feinstrukturiertes. Zweites Winkelmoment:

$$C_{ASM} = \sum_{i=0}^{N_g} \sum_{j=0}^{N_g} [c(i, j)]^2 \quad . \quad (10)$$

Dieser Kennwert ist ein Maß für die Homogenität eines Bildes. So wird für ein homogenes Bild ein größerer Kennwert errechnet als für ein inhomogenes Bild.

Korrelation:

$$C_{KOR} = \frac{\sum_{i=0}^{N_g} \sum_{j=0}^{N_g} \left(i - \sum_{i=0}^{N_g} i \cdot \sum_{j=0}^{N_g} c(i,j) \right) \cdot \left(j - \sum_{j=0}^{N_g} j \cdot \sum_{i=0}^{N_g} c(i,j) \right) \cdot c(i,j)}{\left[\sum_{i=0}^{N_g} \left(i - \sum_{i=0}^{N_g} i \cdot \sum_{j=0}^{N_g} c(i,j) \right)^2 \cdot \sum_{j=0}^{N_g} c(i,j) \right] \cdot \left[\sum_{j=0}^{N_g} \left(j - \sum_{j=0}^{N_g} j \cdot \sum_{i=0}^{N_g} c(i,j) \right)^2 \cdot \sum_{i=0}^{N_g} c(i,j) \right]}$$

(11)

Die Korrelation ist ein Maß für die Abhängigkeit der Zeilen und Spalten der Co-Occurrence-Matrix untereinander. Ein inhomogenes Bild besitzt demnach eine kleine Korrelation.

Kennwerte der Run-Length-Matrix

Eine Möglichkeit, Kennwerte von Grauwertbildern aufgrund der Zusammenhänge und Abhängigkeiten, die zwischen einzelnen Bildpunkten bestehen, zu berechnen, stellen die Kennwerte der Run-Length-Matrix dar.

Erste Ansätze zu dieser Methode wurden durch Galloway (Galloway, M.M.: Texture Analysis Using Gray Level Run Matrices; Computer Graphics and Image Processing 4, 172—179, 1975) vorgestellt.

Untersucht wird in dem Verfahren die Grauwertmatrix G nach den Lauflängen eines Grauwertes. Dabei wird die Anzahl an aufeinanderfolgenden Bildpunkten, die innerhalb einer Untersuchungsrichtung denselben Grauwert besitzen, als Lauflänge l_g verstanden. An der Sequenz [2223322] soll dieses kurz verdeutlicht werden. Für den Grauwert $g_w = 2$ erhält man einmal die Lauflänge $l_g = 3$ und einmal die Lauflänge $l_g = 2$, der Grauwert $g_w : 3$ tritt hier mit der Lauflänge $l_g = 2$ auf.

Die Elemente $r_\phi(g_w, l_g)$ der Run-Length-Matrix R_ϕ für eine Grauwertmatrix G beinhalten dann die Anzahl, mit der ein Grauwert g_w mit der Lauflänge l_g auftritt. Der Index ϕ gibt hier die Untersuchungsrichtung an, in der die einzelnen Lauflängen bestimmt werden sollen. Wie auch schon bei der Co-Occurrence-Matrix werden zur Hautanalyse die Zeilen-, Spalten- sowie die beiden Diagonalrichtungen der Grauwertmatrix untersucht.

Für N_g verschiedene Grauwertstufen und eine Grauwertmatrix des Formats (N, N) ergibt sich für die Run-Length-Matrix R_ϕ als maximale Größe $N_g \times N$. Daher werden in der Regel auch hier die Grauwerte neuquantisiert, so daß nur noch 32 oder 64 verschiedene Grauwertstufen zur Berechnung dieser Matrizen verwendet werden.

Ein homogenes Bild wird große Elemente $r_\phi(g_w, l_g)$ weit rechts besitzen, dagegen wird die Run-Length-Matrix eines inhomogenen Bildes, das nur sehr kleine Lauflängen l_g besitzt, als 'linkslastig' erscheinen. Eine entlang einer Untersuchungsrichtung linienförmig ausgerichtete Textur wird in den langen Lauflängen große Matrixelemente aufweisen, dagegen wird die senkrecht zu dieser Ausrichtung durchgeführte Lauflängenuntersuchung für die kurzen Lauflängen große Elemente besitzen. So kann aufgrund dieser Analysemethode die Ausrichtung einer Textur erkannt werden.

Auch hier werden Kennwerte berechnet, die eine weitere Unterscheidung zwischen verschiedenen Texturen ermöglichen. Im weiteren werden die neu in der Hautoberflächenanalyse verwendeten Kennwerte kurz vorgestellt. Dabei bezeichnet N_l die maximal auftretende Lauflänge in der Matrix R_ϕ .

Short Run Emphasis:

$$R_{SRE} = \frac{\sum_{g_w=0}^{N_g} \sum_{l_g=1}^{N_l} \frac{r_\phi(g_w, l_g)}{l_g^2}}{\sum_{g_w=0}^{N_g} \sum_{l_g=1}^{N_l} r_\phi(g_w, l_g)} \quad (12)$$

Mit diesem Kennwert werden die kurzen Lauflängen betont. Dadurch werden für feinstrukturierte Grauwertbilder größere Kennwerte errechnet als für grobflächige.

Long Run Emphasis:

$$R_{LRE} = \frac{\sum_{g_w=0}^{N_g} \sum_{l_g=1}^{N_l} r_\phi(g_w, l_g) \cdot l_g^2}{\sum_{g_w=0}^{N_g} \sum_{l_g=1}^{N_l} r_\phi(g_w, l_g)} \quad (13)$$

Dieser Kennwert verhält sich genau umgekehrt zur Short Run Emphasis. Ein grobflächiges Bild erhält einen größeren Kennwert als ein feinstrukturiertes.

Gerade der Vergleich dieser beiden Kennwerte in verschiedenen Untersuchungsrichtungen ermöglicht es, eine bevorzugte Ausrichtung der Textur zu erkennen.

Graylevel Nonuniformity:

$$R_{GLN} = \frac{\sum_{g_w=0}^{N_g} \left(\sum_{l_g=1}^{N_l} r_{\phi}(g_w, l_g) \right)^2}{\sum_{g_w=0}^{N_g} \sum_{l_g=1}^{N_l} r_{\phi}(g_w, l_g)} \quad (14)$$

Bei einer gleichmäßigen Verteilung der Lauflängen über alle Grauwerte wird der kleinste Wert errechnet. Durch hohe Lauflängenwerte wird der Wert des Parameters groß.
Runlength Nonuniformity:

$$R_{RLN} = \frac{\sum_{l_g=1}^{N_l} \left(\sum_{g_w=0}^{N_g} r_{\phi}(g_w, l_g) \right)^2}{\sum_{g_w=0}^{N_g} \sum_{l_g=1}^{N_l} r_{\phi}(g_w, l_g)} \quad (15)$$

Hier wird bei einer gleichmäßigen Verteilung der Grauwerte über die Lauflängen der Wert dieses Parameters minimal.

Einfluß des Beleuchtungswinkels β

Untersucht wurde zunächst, inwieweit die Texturparameter der menschlichen Haut abhängig sind vom Beleuchtungswinkel β , da eine solche Abhängigkeit für die Positionierung der Replicas unter dem Mikroskop von Bedeutung ist. Aufgenommen wurden hierzu in 5°-Schritten von $\beta=0^\circ$ bis $\beta=360^\circ$ Grauwertbilder von Haut oder einer Replica, die vom volaren Unterarm eines 25jährigen, männlichen Probanden mit gesunder Haut erstellt wurde. Die Haut des volaren Unterarmes weist bereits bei der Betrachtung mit dem bloßen Auge eine ausgeprägte Hauptfaltenrichtung auf. Von Interesse sind nun die Fragestellungen:

In welchem Wertebereich bewegen sich die Parameter typischerweise für verschiedene Beleuchtungswinkel β ?

Sind Vorzugsrichtungen wie die deutlich sichtbare Hauptfaltenrichtung mittels der Texturparameter detektierbar?

Für die Untersuchung wurde der Lichteinfallswinkel α dabei auf konstant $\alpha=28^\circ$ eingestellt. Für $\beta=0^\circ$ wurde die Replica, deren Grauwertbild für diese Beleuchtungsrichtung in Abb. 2 dargestellt ist, senkrecht zur deutlich erkennbaren Hauptfaltenrichtung ausgerichtet. Zur Bestimmung der Texturparameter wurden 256×256 Grauwerte große Bildausschnitte, die eine Größe von $5.12 \times 5.12 \text{ mm}^2$ besaßen, ausgewertet.

Exemplarisch für verschiedene Lauflängen und Untersuchungsrichtungen sind in Abb. 3 die Parameter der Co-Occurrence-Matrix $C_{\phi,l}=C_{90,l}$ sowie einige Kennwerte der Run-Length-Matrix $R_o = R_{90}$ über der Beleuchtungsrichtung $\beta=0^\circ$ bis $\beta=360^\circ$ aufgetragen, da für diesen Verschiebungswinkel Φ und diese Verschiebungslänge l der Verlauf der Texturparameter besonders prägnant ist. Zu erkennen ist eine in allen Parametern deutliche Abhängigkeit von der Beleuchtungsrichtung. Der nicht in Abb. 3 dargestellte Parameter Run Percentage R_{RP} verhält sich dabei ähnlich wie die Short Run Emphasis R_{SRE} , die Gray Level Nonuniformity R_{GLN} wie die Run Length Nonuniformity R_{RLN} . Sehr gut wird eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Periodizität der Texturparameter sichtbar, wobei Extremwerte der Texturkenngrößen je nach ihrer Definition durchweg bei $\beta = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$, also entweder bei Beleuchtung senkrecht zur Hauptfaltenrichtung oder aber in Hauptfaltenrichtung auftraten. Eine Vorzugsrichtung ist demnach anhand einer Änderung der Beleuchtungsrichtung mit allen Texturparametern einfach quantifizierbar.

Anhand eines Parameters, dem Kontrast C_{CON} , soll dies exemplarisch verdeutlicht werden. Für den Beleuchtungswinkel $\beta = 0^\circ$, also senkrecht zur Hauptfaltenrichtung, weist C_{CON} in Richtung $\Phi=90^\circ$, d. h. parallel zur Hauptfaltenrichtung, ein Minimum auf. Geht man in dieser Untersuchungsrichtung, also entlang der Hauptfaltenrichtung vor, so werden die Grauwertübergänge in der Co-Occurrence-Matrix $C_{90,l}$ durch eine Vielzahl von Kombinationen gleicher oder nahe beieinanderliegender Grauwerte geprägt, wie man anhand von Abb. 2 unschwer nachvollziehen kann. Die Elemente der Co-Occurrence-Matrix liegen demnach eng um deren Hauptdiagonale, der Parameter Kontrast C_{CON} wird ergo klein, da gemäß der Definitionsgleichung (8) der Abstand zur Hauptdiagonalen quadratisch in diese Kenngröße eingeht. Im Gegensatz dazu werden bei Beleuchtung aus der Richtung $\beta=90^\circ$, also entlang der Hauptfaltenrichtung, auch kleinere Hautunebenheiten in Faltenrichtung hervorgehoben; die Grauwertübergänge enthalten dann mehr Kombinationen auch weiter auseinanderliegen-

der Grauwerte. Damit ist die Co-Occurrence-Matrix entlang der Hauptdiagonalen in einem breiteren Band belegt und der Kontrast C_{CON} erreicht für Beleuchtung in Hauptfaltenrichtung $\beta = 90^\circ$ für den Verschiebungswinkel $\Phi = 90^\circ$ ein Maximum.

Für die weiteren Untersuchungen wurden alle Replicas mit einer Marke versehen, die die Ausrichtung der Replica zur Körperachse festlegt, da anhand von Abb. 3 deutlich erkennbar ist, daß alle Texturparameter bei Variation des Beleuchtungswinkels β einen mehr oder weniger großen Wertebereich überstreichen. Anhand dieser Marke wurden dann die Replicas unter dem Mikroskop ausgerichtet.

Charakterisierung der Hautoberfläche verschiedener Körperpartien

Weiter ermittelt wurden nun Texturparameter von acht verschiedenen Hautarealen eines 24-jährigen, männlichen Probanden mit gesunder Haut, wobei Abdrücke gemäß Abb. 4 an folgenden acht Stellen genommen werden:

- a. Gesicht (sogenannte Krähenfüße im Bereich der Schläfen),
- b. Nacken,
- d. Oberarm,
- e. Unterarm, volar,
- f. Abdomen,
- c. Lumbalregion,
- g. Oberschenkel, ventral,
- h. Unterschenkel, dorsal.

Die typische, teilweise sich stark unterscheidende Hautstruktur dieser einzelnen Hautareale ist ebenfalls in Abb. 4 dokumentiert. Die Replicas wurden in einer Größe (ca. 10 cm^2) erstellt, daß eine Auswertung an jeweils sechs unterschiedlichen Meßfeldern auf ihnen erfolgen konnte. Aus diesen Meßfeldern wurden die Texturparameter bestimmt, aus den so erhaltenen Kenngrößen wurden dann jeweils der Mittelwert sowie der größte und der kleinste vorkommende Wert der Texturparameter einer jeden Körperpartie bestimmt.

Einige besonders aussagekräftige Texturkenngrößen sollen im folgenden diskutiert werden. Dargestellt für die acht Hautpartien sind in Abb. 5 als Balkendiagramme

- von den statistischen Kennwerten der Mittelwert M_{gw} und der Exzeß γ_2 der Grauwertverteilung,
- von den Parametern der Co-Occurrence-Matrix $G_{0^\circ,1}$ die Kenngrößen Zweites Winkelmoment C_{ASM} , Korrelation und Kontrast als nicht ausgefüllte Balken zusätzlich sind einige Parameter der Co-Occurrence-Matrix $G_{135^\circ,1}$ als ausgefüllte und der Matrix $G_{90^\circ,1}$ als gepunktete Balken aufgetragen,
- von den Parametern der Run-Length-Matrix R_{0° die Kenngrößen Short Run Emphasis RS_{RE} , Long Run Emphasis RL_{RE} und Run Length Nonuniformity R_{RLN} .

Aufgetragen ist in Abb. 5 als Balken das Band, in dem die an sechs verschiedenen Meßfeldern eines Hautareals ermittelte jeweilige Kenngröße liegt. Der Mittelwert dieser sechs Werte ist durch einen horizontalen Strich durch den Balken gekennzeichnet.

Für einen Betrachter ist es anhand der acht verschiedenen Grauwertbilder in Abb. 4 möglich, eine Unterscheidung der Hautareale durchzuführen, obwohl die Rauheitsparameter der betrachteten Hautpartien teilweise sehr dicht beieinander liegen. Die Texturparameter lassen im Gegensatz zu den Rauheitskenngrößen eine verhältnismäßig einfache Klassifizierung der einzelnen Hautareale zu.

Schon die Auswertung der statistischen Kennwerte in Abb. 5 läßt erkennen, daß die einzelnen Hautareale mit diesen Parametern grob zu unterscheiden sind. Der mittlere Grauwert m_{gw} der Grauwertverteilung weist in den einzelnen Hautarealen erhebliche Unterschiede auf. Dies ist auf die unterschiedlich starke Ausprägung der Hautfalten, die wiederum eine mehr oder weniger starke Schattierung durch die Beleuchtung bewirkt, zurückzuführen. Ungünstig für eine Charakterisierung unterschiedlicher Hautareale ist allerdings, daß das Band, in dem sich die sechs Kennwerte einer Hautpartie befinden, teilweise recht groß ist. Der Exzeß der Grauwertverteilung ist für eine Unterscheidung der Hautareale hingegen der von den statistischen Kennwerten bestgeeigneste Parameter, da hier überwiegend ein sehr schmales Band der sechs Kennwerte vorliegt. Für die Wertebereiche einiger Hautareale, beispielsweise bei Nacken und Abdomen oder bei Ober- und Unterschenkel reichen die statistischen Kennwerte zur Unterscheidung der Hautareale noch nicht aus. Hier ist eine erfindungsgemäße weitere Information aus den Kennwerten der Co-Occurrence-Matrix und der Run-Length-Matrix für eine Klassifizierung erforderlich.

Anhand der Parameter der Co-Occurrence-Matrix $C_{0^\circ,1}$ lassen sich direkt Unterscheidungen für fast alle betrachteten Hautareale erstellen. Beispielsweise lassen sich schon allein mittels des Kontrastes C_{CON} die Bereiche Oberarm, Unterschenkel, Unterschenkel und Lumbalregion sicher detektieren. Für die Bereiche Unter- und Oberschenkel sowie für den Oberarm erhält man kleine Werte dieser Kenngröße. Hier wird eine durch wenig tiefe Falten ausgewiesene Struktur herausgefunden. Ein starker Kontrast bestimmt hingegen in der Richtung $\Phi = 0^\circ$ die Bilder von Nacken und Abdomen, da die Hautfaltenrichtung senkrecht zu dieser Richtung liegt; für $\Phi = 90^\circ$ ist der Kontrast bei diesen beiden Hautarealen daher deutlich geringer ausgeprägt, in Abb. 5 als gepunkteter Balken dargestellt.

Zieht man die Information aus dem Zweiten Winkelmoment C_{ASM} zusätzlich hinzu, so ist bis auf die Unterscheidung zwischen Gesicht und Unterarm sowie Nacken und Abdomen, die jeweils ähnliche Kenngrößenbereiche umfassen, eine weitgehende Klassifizierung der Hautareale möglich. Für die letztgenannten Kombinationen

ist die dargestellte Information aus einem Verschiebungswinkel Φ und einer Verschiebungslänge l nicht ausreichend. Wertet man aber eine weitere Verschiebungslänge aus, wie in Abb. 5 beim Kontrast für $\Phi = 135^\circ$ als ausgefüllte Balken bei einigen Hautarealen dargestellt, so ist anhand dessen eine vollständige Klassifizierung aller Hautareale anhand der verwendeten Co-Occurrence-Parameter gegeben.

- 5 Gleiche Tendenzen wie der Kontrast weist die nicht dargestellte Entropie auf; die jeweils sechs Werte sind aber in einem etwas schmalen Band zu finden, können also ebenfalls sinnvoll zur Unterscheidung der einzelnen Hautareale eingesetzt werden. Die Korrelation zeigt für $\Phi = 0^\circ$ für die einzelnen Hautareale keine sehr starken Unterschiede; für andere Verschiebungswinkel Φ werden aber deutlichere Differenzierungen möglich.

- 10 Auch die Kenngrößen der Run-Length-Matrix können sinnvoll zur Charakterisierung der Hautoberfläche herangezogen werden. Short Run Emphasis $RSRE$ und Long Emphasis $RLRE$ bewegen sich gegenläufig, wie es definitionsgemäß zu erwarten war. Insbesondere die Short Run Emphasis liegt mit ihren sechs Werten aus den verschiedenen Meßfeldern immer in einem sehr schmalen Band und grenzt so einzelne Hautareale gut ab. Eine gleichartige Tendenz wie die Short Run Emphasis weist die Run Percentage auf. Die Run Length Nonuniformity $RRLB$ zeigt bei den Replicas von Nacken und Abdomen in Richtung $\Phi = 0^\circ$ ganz charakteristisch größte Werte an, d. h., senkrecht zur Hauptfaltenrichtung besitzt kein Grauwert eine ausgeprägt hohe Lauflänge. Diese
- 15 Kenngröße zeigt demnach ein sowohl dem Co-Occurrence-Parameter $CCON$ als auch der nicht dargestellten Gray Level Nonuniformity $RGLN$ umgekehrt proportionales Verhalten. Die Run Percentage RRP verläuft ähnlich wie $RRLN$.

- Nachdem für die acht Hautareale eine Charakterisierung anhand der Texturparameter vorgenommen werden konnte, ist es möglich, umgekehrt auch eine Klassifikation der verschiedenen Hautareale vorzunehmen, also aus einem beliebigen Hautareal einen Satz von Texturparametern zu bestimmen und dann damit das Hautareal einer Körperpartie zuzuordnen. Dieses erscheint insbesondere im Hinblick auf die Einordnung von Krankheits-
- 20 bildern der menschlichen Haut von Interesse.

25 Untersuchung des Effektes kosmetischer Behandlung

- Die Beeinflussung der menschlichen Haut durch Kosmetika konnte von verschiedenen Autoren anhand von Rauheitskenngrößen nachgewiesen werden. Es wurde anhand einer vergleichenden Untersuchung zwischen Profilometrie und Texturanalyse untersucht, ob eine Applikation von Kosmetika auf die Haut anhand der
- 30 Texturparameter gezeigt werden kann. Hierzu wurden von einer 25jährigen Probandin 3 Wochen lang täglich Replicas vom Oberschenkel oberhalb des rechten Knies erstellt und sowohl profilometrisch als auch texturanalytisch ausgewertet. Während der ersten sieben Tage fand keine kosmetische Behandlung statt; die darauffolgenden 15 Tage wurde die Haut täglich mit der handelsüblichen W/O-Creme pH5-Eucerin® (Hersteller: Beiersdorf AG, Hamburg) behandelt.

- 35 Zur laserprofilometrischen Vermessung, vgl. auch Saur (Saur, R.; Schramm, U.; Steinhoff, R.; Wolff, H.H.: Strukturanalyse der Hautoberfläche durch computergestützte Laser-Profilometrie; Der Hautarzt 42; 499–506; 1991) wurde ein Areal von $5.12 \times 5.12 \text{ mm}^2$ bei einer Auflösung von $20 \mu\text{m}$ in 256 Parallelschnitten vermessen und daraus der arithmetische Mittenrauhwert R_a gemäß DIN 4762: Oberflächenrauheit, Begriffe, Oberfläche und ihre Kenngrößen; Beuth Verlag, Berlin; 1/1989, ermittelt. In Abb. 6 sind die ermittelten R_a -Werte über dem
- 40 Behandlungszeitraum aufgetragen, wobei eine Abnahme des Mittenrauhwertes zu erkennen ist. Zum Ende der Behandlung hin stellte sich ein geringfügiges Nachlassen der hautglättenden Wirkung des Präparates ein, welches sich in einem leichten Wiederanstieg der R_a -Werte äußerte, wobei der arithmetische Mittenrauhwert allerdings nach wie vor deutlich unter den vor der Applikation von pH5-Eucerin® ermittelten Werten lag.

- Vergleichend zur Abb. 6 ist für die Texturparameter festzustellen: Einige Texturparameter weisen ein dem Verlauf des arithmetischen Mittenrauhwertes ähnliches Verhalten auf, sind also offensichtlich sensitiv zur Detektion einer kosmetischen Behandlung. Andere Texturkenngrößen werden durch Applikation eines kosmetischen Präparates nicht in ihrem Kurvenverlauf beeinflusst. Im einzelnen gilt:

Deutlich sichtbar war ein Behandlungseffekt anhand der Parameter

- 50 – Korrelation $CCOR$,
– Kontrast $CCON$,
– Run Length Nonuniformity $RRLN$;

- diese Kenngrößen sind in Abb. 7 aufgetragen. Während die Korrelation eine dem R_a -Wert entsprechende Abnahme durch Applikation des kosmetischen Präparates sowie eine leicht ansteigende Tendenz zum Ende der
- 55 Behandlung hin aufweist, verhält sich der Kontrast umgekehrt proportional dem arithmetischen Mittenrauhwert; letztgenannten Verlauf weist auch die Run Length Nonuniformity auf.

- Schwach, aber nicht signifikant erkennbar war der Behandlungseffekt anhand der Kenngrößen Zweites Winkelmoment $CASM$, Entropie $CENT$, Run Percentage RRP , Short Run Emphasis $RSRE$, Long run Emphasis $RLRE$ und Gray Level Nonuniformity $RGLN$.
- 60

Keine ausgeprägte Tendenz in der Veränderung der Parameter bei kosmetischer Behandlung zeigten die statistischen Kennwerte.

- Festzuhalten ist, daß in allen hier angegebenen Parametern von Co-Occurrence-Matrix und Run-Length-Matrix eine mehr oder weniger ausgeprägte Veränderung aufgrund einer kosmetischen Behandlung gegenüber der unbehandelten Haut zu erkennen ist, während die Parameter der Grauwertverteilung keine Eignung aufweisen.
- 65 Die Korrelation verläuft dabei proportional dem arithmetischen Mittenrauhwert, die Werte von Kontrast und Run Length Nonuniformity haben hingegen ein zu R_a umgekehrt proportionales Verhalten. Die Veränderung der Texturparameter durch eine Behandlung weist in ihren Zahlenwerten eine Höhe auf, die etwas größer ist, als

die Höhe des Bandes ist, in dem die sechs auf verschiedenen Meßfeldern eines Hautareals erhaltenen Kenngrößen liegen; die Veränderung ist aber deutlich kleiner als es die Unterschiede zwischen einzelnen Hautarealen sind. Ein Behandlungseffekt kann demnach durch das beschriebene einfache bildanalytische Verfahren charakterisiert werden.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird ein in der quantitativen Hautuntersuchung neuer Parametersatz vorgestellt, der es ermöglicht, eine recht differenzierte Charakterisierung der menschlichen Hautoberfläche vorzunehmen. Kenngrößen der Co-Occurence-Matrix und der Run-Length-Matrix sowie auch statistische Kennwerte der Grauwertverteilung stellen zu den bisher überwiegend verwendeten Rauheitsparametern eine sinnvolle Alternative dar. Einerseits besitzt das vorgestellte Verfahren einen deutlich geringeren Zeitaufwand für eine Messung mit anschließender Auswertung als eine Bestimmung von Rauheitskenngrößen, andererseits kann durch die Vielzahl von einfach zu ermittelnden Texturkenngrößen eine stärkere Unterscheidung einzelner Hautcharakteristika erfolgen. Die Beschreibung von acht unterschiedlichen Hautarealen mit Hilfe von Texturparametern ist ein erster Schritt in Richtung einer gesamtheitlichen mathematischen Beschreibung der Hautoberfläche des menschlichen Körpers.

Die Möglichkeiten, verhältnismäßig leichte Veränderungen der Hautoberfläche durch Einflüsse wie kosmetische Behandlung mittels bildanalytischer Texturuntersuchungen zu charakterisieren, sind in dieser Erfindung vorgestellt worden. Aufgrund dieser Resultate konnten einige Texturparameter angegeben werden, die einen Behandlungseffekt deutlich aufzeigten, und Parameter, in denen nur leichte Trends erkennbar waren. Ganz sicher können durch eine Texturanalyse aber mehr oder weniger ausgeprägte, gegebenenfalls auch pathologische Veränderungen der Hautoberfläche detektiert werden.

Entscheidend ist dieses insbesondere im Hinblick auf zukünftig wesentlich vereinfachte quantitative Untersuchungsverfahren der menschlichen Hautoberfläche.

Ein besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens liegt darin, daß es direkt an der lebenden Haut angewendet werden kann, da die Messungen schnell erfolgen können. Es ist also nicht erforderlich, in einem aufwendigen Zwischenschritt, Replicate der Hautoberflächen herzustellen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur meßtechnischen quantitativen Bestimmung der Textur der menschlichen Hautoberfläche durch Registrierung, Wiedergabe und Analysierung von Bildinformationen, **dadurch gekennzeichnet**, daß man Grauwertbilder von der Haut oder einem Abdruck der Hautoberfläche (Replica) unter gezielter Beleuchtung der Haut oder Replica unter einem definiertem Beleuchtungswinkel anfertigt und mathematische Kenngrößen über die Grauwertverteilung über digitale Bildverarbeitung ermittelt und daß man a) zusätzlich Bilder von unterschiedlich kontrastierter flächiger Struktur herstellt und Kenngrößen über die Grauwertübergänge ermittelt und/oder b) die Lauflängen eines Grauwertes hinsichtlich ihrer Normverteilung und ihrer Verteilungsfunktionen sowie signifikanter Abweichungen analysiert.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man Kennwerte oder Kenngrößen der Co-Occurence-Matrix und/oder der Run-Length-Matrix verwendet.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man als Kenngrößen oder Parameter die Korrelation C_{COR} , den Kontrast C_{CON} und/oder die Run Length Nonuniformity R_{RLN} verwendet.
4. Verfahren nach Anspruch 1 zur meßtechnischen Bestimmung der Textur vor und/oder nach Behandlung der menschlichen Hautoberfläche mit kosmetischen oder pharmazeutischen Mitteln.
5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie aus einer Kaltlichtquelle zur Beleuchtung der Probe (Haut, Replica), einem Mikroskop und einer CCD-Kamera zur Aufnahme der Grauwertbilder und einem Bildverarbeitungssystem und einem Auswerterechner mit dem beschriebenen Rechenprogramm für die Grauwertbilder besteht.

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

THIS PAGE BLANK (USPTO)

- Leerseite -

Ein neuer Ansatz zur bildanalytischen Charakterisierung des Stratum Corneum

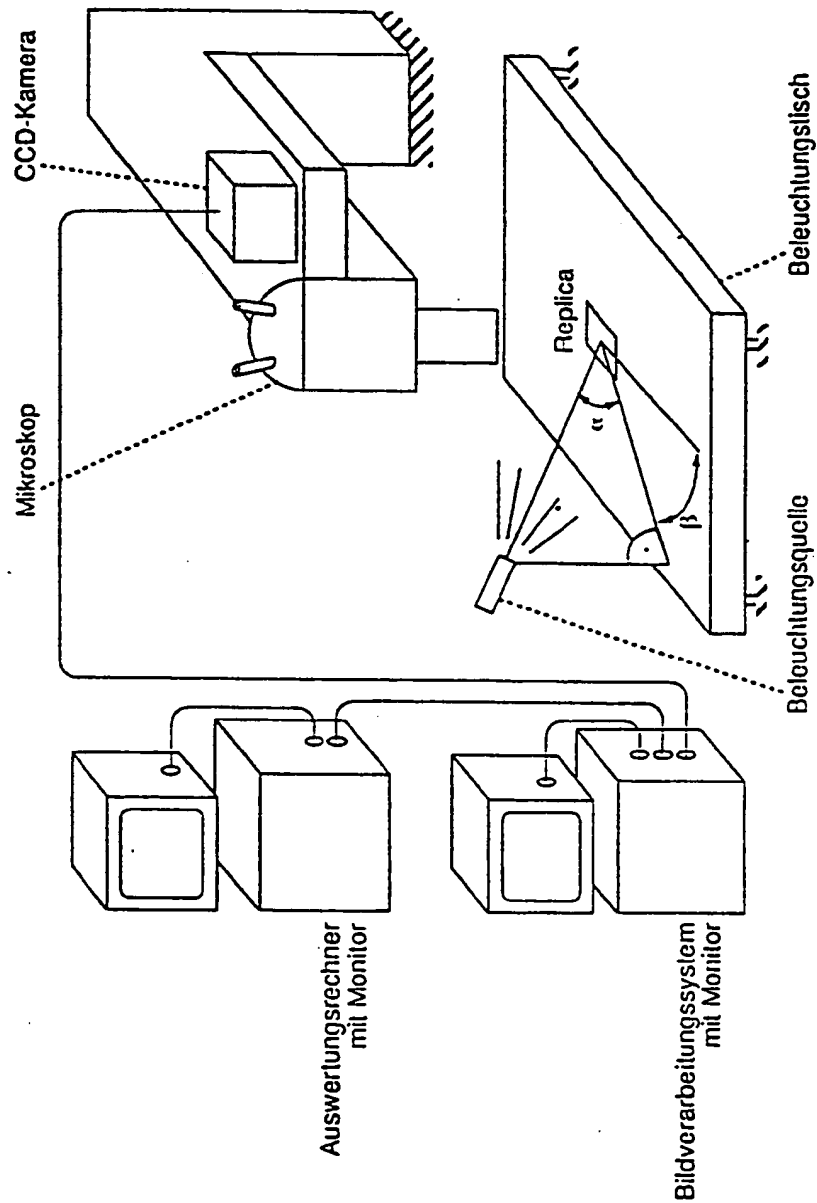


Abbildung 1: Apparativer Aufbau zur bildanalytischen Texturuntersuchung

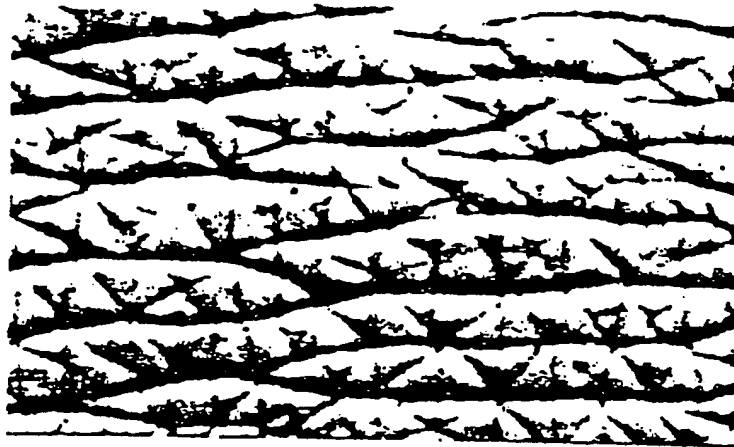


Bild 2: Grauwertbild einer Replica

Ein neuer Ansatz zur bildanalytischen Charakterisierung des Stratum Corneum

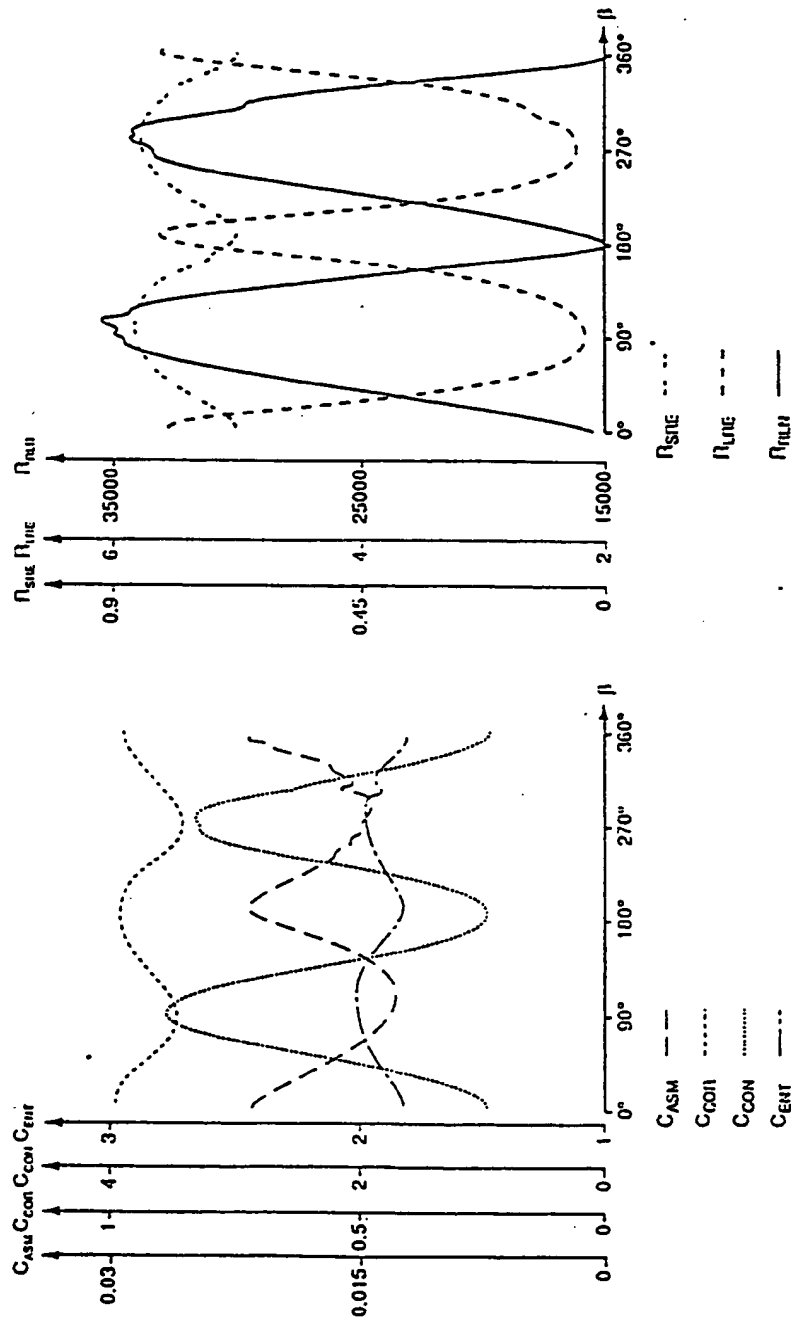


Abbildung 3: Einfluß des Beleuchtungswinkels auf die Parameter der Co-Occurrence-Matrix $C_{90,1}$ und der Run-Length-Matrix R_{90} .

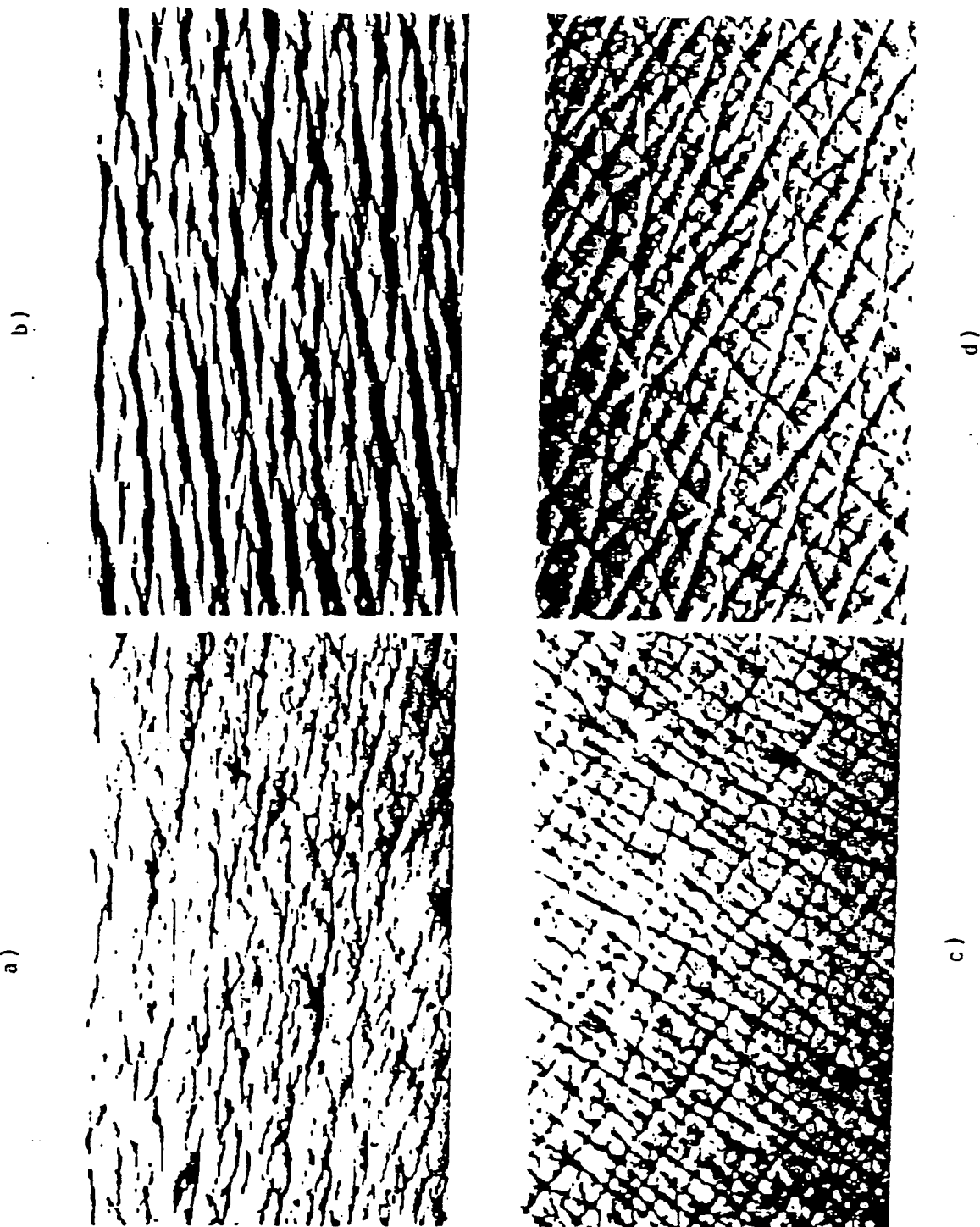


Bild 4a: Abdrucknahme an unterschiedlichen Körperpartien

f)



h)



e)



g)



Bild 4b: Abdrucknahme an unterschiedlichen Körperpartien

Ein neuer Ansatz zur bildanalytischen Charakterisierung des Stratum Corneum

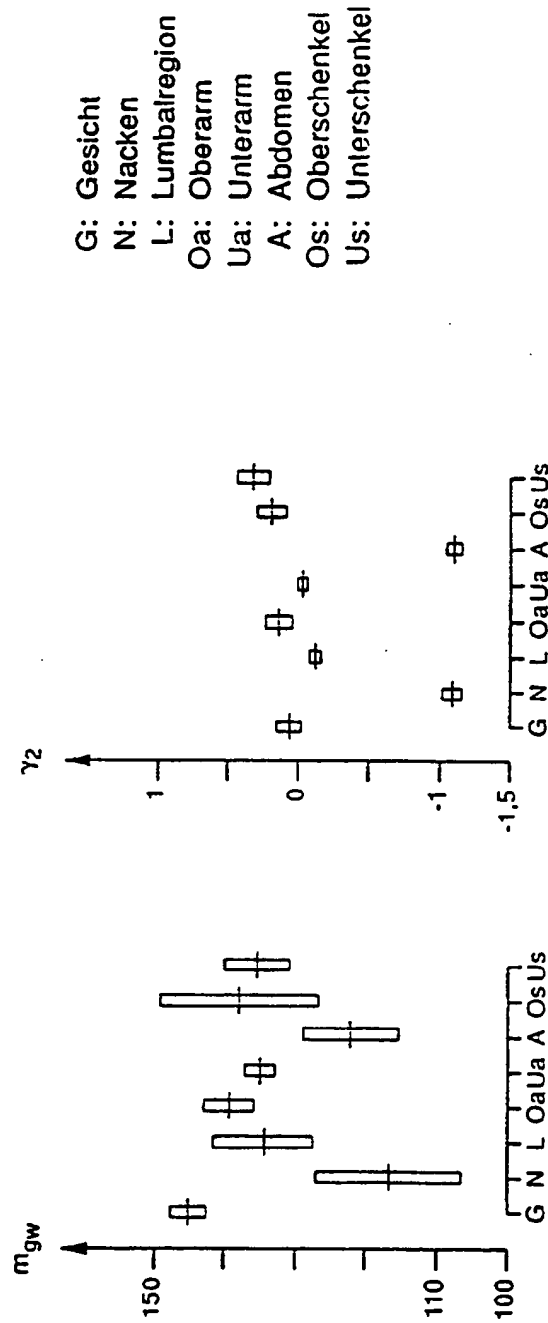


Abbildung 5a: Statistische Kenngrößen m_{gw} sowie γ_2 , Parameter der Co-Occurrence-Matrix $C_{0^0,1}$ und Kennwerte der Run-Length-Matrix R_{0^0}

Ein neuer Ansatz zur bildanalytischen Charakterisierung des Stratum Corneum

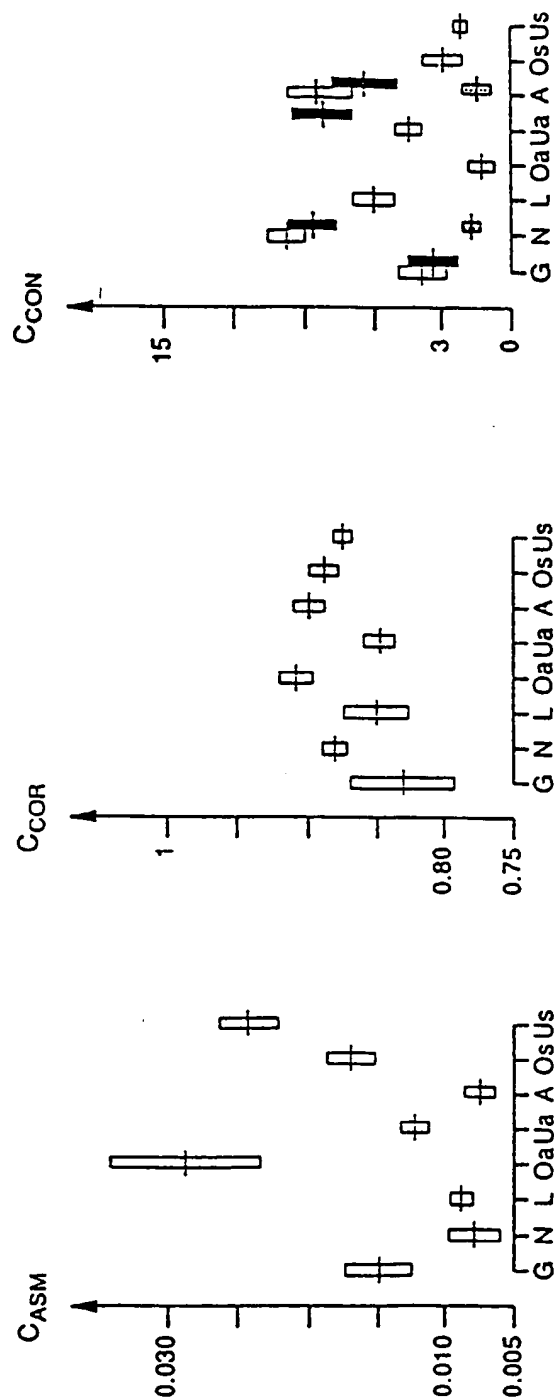


Abbildung 5b: Statistische Kenngrößen m_{gw} sowie χ^2 , Parameter der Co-Occurrence-Matrix $C_{0^{\circ},1}$ und Kennwerte der Run-Length-Matrix $R_{0^{\circ}}$

Ein neuer Ansatz zur bildanalytischen Charakterisierung des Stratum Corneum

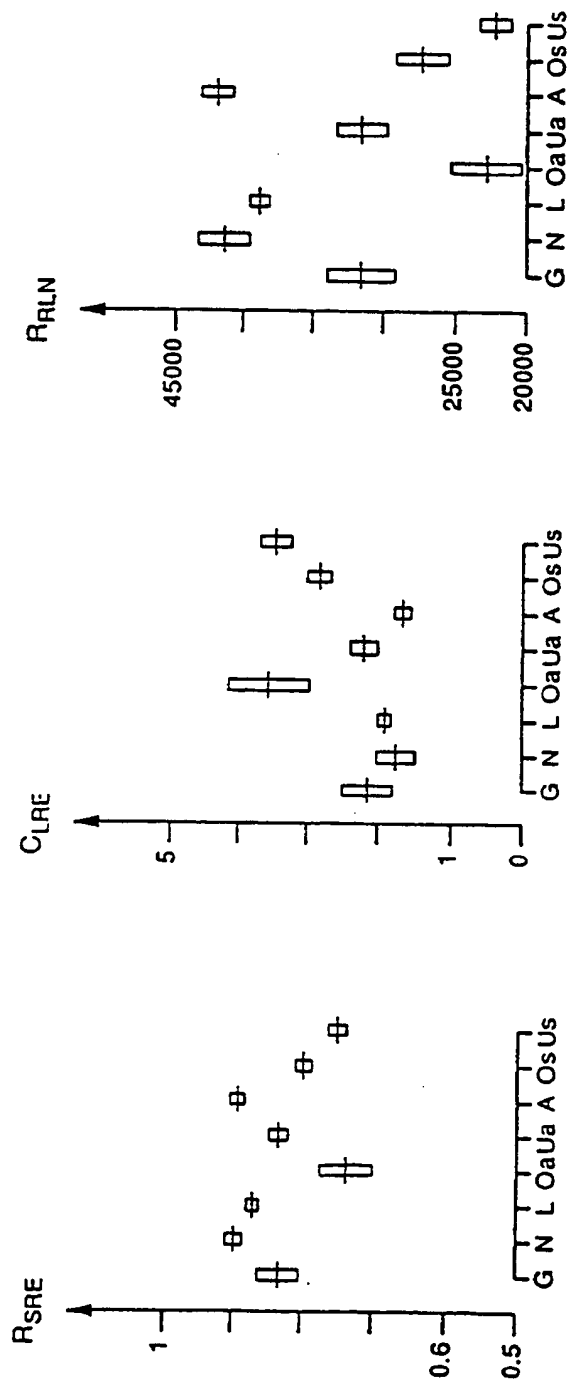


Abbildung 5c: Statistische Kenngrößen m_{gw} sowie χ^2_2 , Parameter der Co-Occurrence-Matrix $C_{0^{\circ},1}$ und Kennwerte der Run-Length-Matrix $R_{0^{\circ}}$

Ein neuer Ansatz zur bildanalytischen Charakterisierung des Stratum Corneum

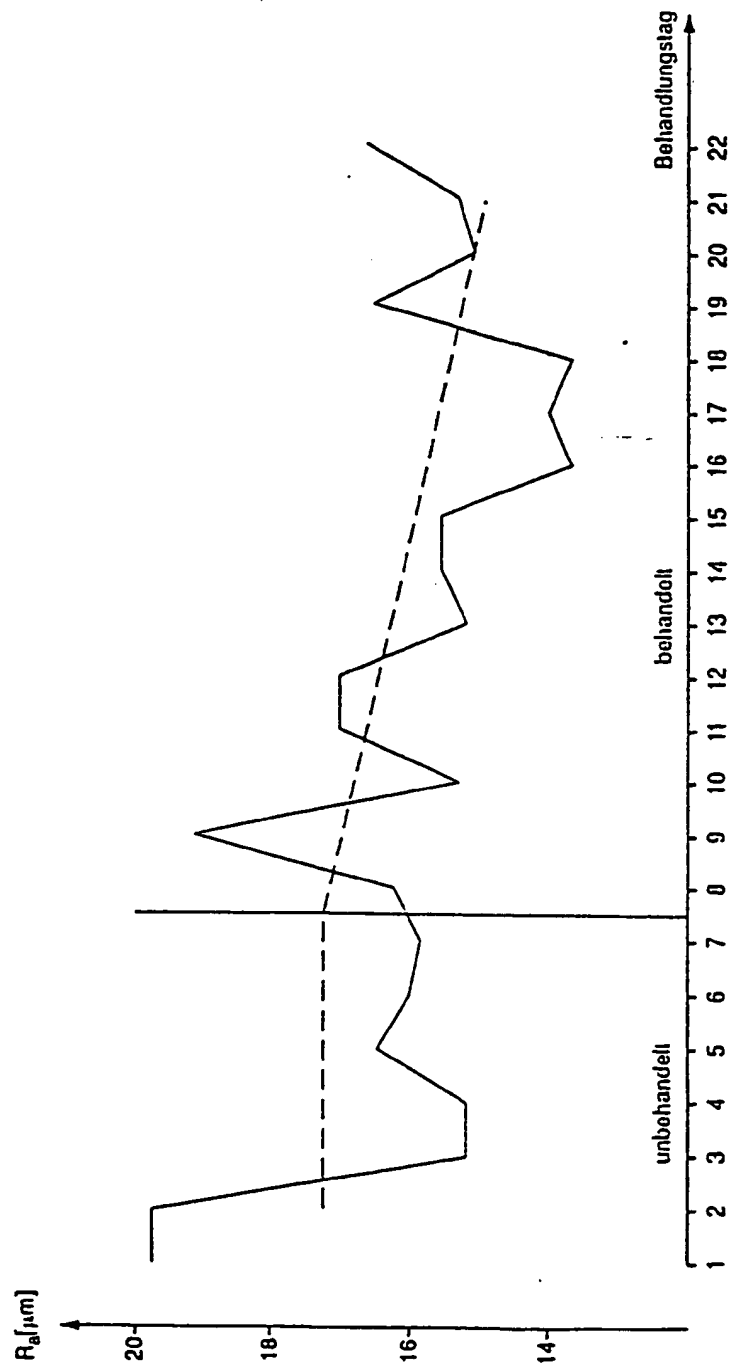


Abbildung 6: Mittenrauhwert R_a während einer kosmetischen Behandlung.

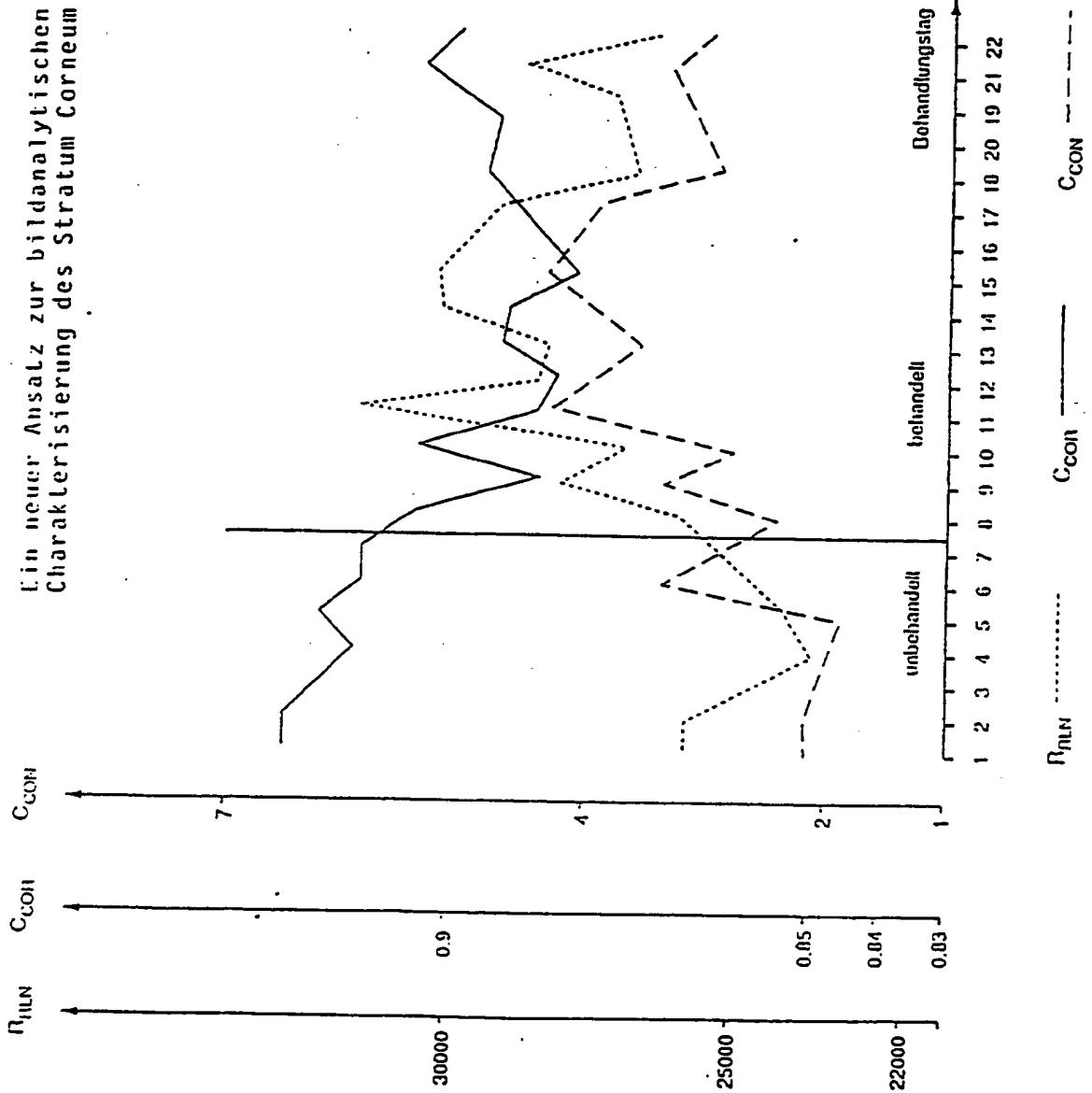


Abbildung 7: Texturparameter während einer kosmetischen Behandlung